

**Brake unit for automotive vehicles with electric drive**

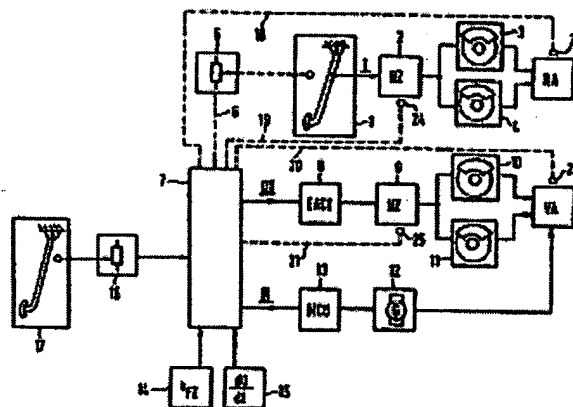
**Patent number:** DE4124496  
**Publication date:** 1993-01-28  
**Inventor:** DROTT PETER (DE); LOHBERG PETER (DE); BALZ JUERGEN (DE); KLEIN HANS-C (DE)  
**Applicant:** TEVES GMBH ALFRED (DE)  
**Classification:**  
- **International:** B60K28/16; B60L7/24; B60T1/10; B60T8/18; B60T8/32; B60T11/10; B60T13/66; B60T13/74  
- **European:** B60L7/24, B60T1/10, B60T8/26D, B60T8/32, B60T8/48B, B60T13/74B, B60T13/58C1  
**Application number:** DE19914124496 19910724  
**Priority number(s):** DE19914124496 19910724

**Also published as:**

WO9301959 (A1)  
EP0595961 (A1)  
US5472264 (A1)  
EP0595961 (B1)

**Abstract of DE4124496**

A braking system for electrically driven vehicles consists essentially of a driven front axle (VA) and an undriven rear axle (HA) in the form of a triple-circuit (I, II, III) compound system consisting of hydraulic friction brakes (3, 4, 10, 11) and an electro-regenerative (II) braking system, in which the electro-regenerative braking system makes use of one of the electric drive motors of the motor vehicle for braking and power recovery. The actuation of the friction brakes connected to the second and third braking circuits and the braking force distribution between the front and rear axles are controllable by means of an electronic regulator which receives information via e.g. the brake pedal position and evaluates this information to control the brakes acting on the driven wheels.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 41 24 496 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 41 24 496.6  
㉑ Anmeldetag: 24. 7. 91  
㉒ Offenlegungstag: 28. 1. 93

㉓ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 60 T 11/10**  
B 60 T 13/74  
B 60 T 8/18  
B 60 T 8/32  
B 60 K 28/16  
B 60 T 1/10  
B 60 L 7/24  
B 60 T 13/66

DE 41 24 496 A 1

㉔ Anmelder:  
Alfred Teves GmbH, 6000 Frankfurt, DE

㉕ Erfinder:  
Lohberg, Peter, 6382 Friedrichsdorf, DE; Klein,  
Hans-C., 6234 Hattersheim, DE; Drott, Peter, 6230  
Frankfurt, DE; Balz, Jürgen, 6200 Wiesbaden, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

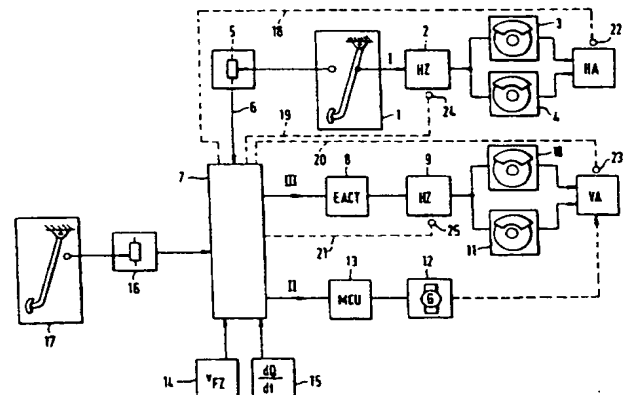
DE 40 03 579 C1  
DE 31 14 431 C2  
DE 23 31 459 C2  
DE 19 05 641 B2  
DE-AS 17 88 077  
DE-AS 11 46 910  
DE 38 41 750 A1  
DE 36 02 544 A1  
DE 34 10 006 A1  
DE 33 45 694 A1  
DE 33 42 552 A1

DE 33 08 477 A1  
DE 25 45 542 A1  
DE-OS 22 13 944  
DE-OS 20 23 796  
DE-OS 19 61 039  
DE-OS 17 88 077  
= US 36 21 929  
US 40 02 373  
EP 00 62 246 A1

SAUMWEBER, Eckart: Leistungsgrenzen  
kombinierter Bremssysteme. In: ZEW-Glass. Ann. 98,  
Nr. 7/8 1974, S. 259-265;

㉗ Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit elektrischem Antrieb

㉘ Eine für Kraftfahrzeuge mit elektrischem Antrieb vorgesehene Bremsanlage ist in Form eines mehrkreisigen Verbundbremsensystems ausgebildet, das aus hydraulischen Reibungsbremsen (Bremskreis I, I', I'', III, III', III'') und aus einem elektro-regenerativen Bremsensystem (Kreis II, II') besteht. Bei einem Fahrzeug mit einer angetriebenen und einer nicht angetriebenen Achse sind drei Bremskreise vorhanden, von denen ein Bremskreis (I, I', I'') einen pedalbetätigten hydraulischen Bremsdruckgeber (2) und auf die nicht angetriebenen Räder wirkende Reibungsbremsen (3, 4) umfaßt, ein zweiter Bremskreis (II, II') ein mit dem Bremspedal direkt oder indirekt gekoppeltes, auf die angetriebenen Räder wirkendes elektro-regeneratives Bremsensystem darstellt und ein dritter Bremskreis (III, III', III'') ebenfalls auf die angetriebenen Räder einwirkende Reibungsbremsen (10, 11) umfaßt, wobei die Betätigung der an den zweiten und dritten Bremskreis angeschlossenen Radbremsen (10, 11) und die Bremskraftverteilung auf Vorderachse (VA) und Hinterachse (HA) mit Hilfe eines elektronischen Reglers (7, 7', 7'') gesteuert werden.



DE 41 24 496 A 1

Es ist zu erwarten, daß der Marktanteil von Kraftfahrzeugen mit elektrischem Antrieb in den kommenden Jahren erheblich zunehmen wird. Diese Entwicklung wird vor allem durch die Forderung nach geringerer Schadstoffbelastung der Umwelt begünstigt. Es wurde auch schon die Überlegung bekannt, von jedem Kraftfahrzeughersteller zu verlangen, daß er auch Fahrzeuge ohne jeglichen Schadstoffausstoß anbietet. Eine solche Vorschrift wäre aus heutiger Sicht nur mit Elektroautos zu erfüllen.

Die Speicherung der elektrischen Energie, der Energieverbrauch und damit verbunden die maximale Reichweite je Ladung stehen bei der Entwicklung im Vordergrund der Überlegungen. Ein besonders sparsamer Umgang mit der Energie wird daher auch von der Bremsanlage verlangt.

Es liegt auf der Hand, eine Energierückgewinnung beim Bremsen anzustreben, zumal sich grundsätzlich Elektromotoren in den Generatorbetrieb umschalten lassen. Der Aufbau einer in jeder Situation absolut zuverlässigen Bremsanlage auf Basis solcher Überlegungen bereitet jedoch Schwierigkeiten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine besonders für Elektrofahrzeuge geeignete, in allen Situationen zuverlässig funktionierende und kostengünstige Bremsanlage zu entwickeln. Eine Erweiterungsfähigkeit zu blockiergeschützten- und/oder antriebs-schlupfgeregelten Bremsensystemen wird ebenfalls gefordert.

Es hat sich nun gezeigt, daß diese Aufgabe in sehr fortschrittlicher Weise durch eine Bremsanlage gelöst werden kann, die in Form eines mehrkreisigen Verbundsystems oder Verbundbremsensystems ausgebildet ist, das aus hydraulischen Reibungsbremsen und aus einem elektro-regenerativen Bremsensystem besteht. Vorteilhafterweise wird dabei der Antriebsmotor des Kraftfahrzeugs zur Abbremsung und zur Energierückgewinnung genutzt. Durch den Verbund aus dem regenerativen System und den Reibungsbremsen wird erreicht, daß Energie rückgewonnen wird, soweit es die Situation zuläßt, und daß gleichzeitig durch den Einfluß der hydraulischen Reibungsbremsen für eine optimale Abbremsung, auch bei einem Kreisausfall, gesorgt ist.

Eine vorteilhafte Ausführungsart eines solchen Bremsensystems für ein Fahrzeug mit einer angetriebenen und einer nicht angetriebenen Achse besteht darin, daß drei Bremskreise vorhanden sind, von denen ein Bremskreis einen pedalbetätigten hydraulischen Bremsdruckgeber und hydraulisch betätigte, auf die nicht angetriebenen Räder wirkende Reibungsbremsen umfaßt, ein zweiter Bremskreis als ein direkt oder indirekt mit dem Bremspedal gekoppeltes, auf die angetriebenen Räder wirkendes elektro-regeneratives Bremssystem ausgebildet ist und ein dritter Bremskreis ebenfalls auf die angetriebenen Räder wirkende, mit dem Bremspedal gekoppelte Reibungsbremsen umfaßt, sowie daß die Betätigung der an den zweiten und der an den dritten Bremskreis angeschlossenen Radbremse und die Bremskraftverteilung auf die Vorder- und Hinterachse mit Hilfe eines elektronischen Reglers steuerbar sind.

Ferner ist es in manchen Anwendungsfällen vorteilhaft, wenn die Bremsanlage zusätzlich zu dem elektro-regenerativen Bremsensystem auf die angetriebenen Räder wirkenden Reibungsbremsen mit einem elektro-hydraulischen oder elektro-mechanischen Antrieb bzw. Betätigungsmechanismus ausgerüstet ist. Andererseits

kann auch ein hydraulisches System vorgesehen sein, bei dem über elektrisch umschaltbare Hydraulikventile eine Hilfsdruckquelle bzw. ein Druckausgleichsbehälter anschaltbar sind. Die Hilfsdruckquelle umfaßt dabei zweckmäßigerweise eine elektromotorisch angetriebene Hydraulikpumpe und einen Druckspeicher. Die Bremsdruckregelung erfolgt allein durch elektrische Ansteuerung der Hydraulikventile, über die sich praktisch jeder gewünschte Bremsdruck in den Radbremse einstellen läßt. In dem elektronischen Regler werden die erforderlichen Ansteuerpulse errechnet.

Eine weitere wichtige Ausführungsart der Erfindung besteht darin, daß der elektronische Regler Informationen über die Bremspedalstellung und/oder über den durch die Pedalbetätigung hervorgerufenen Bremsdruck oder das Bremsmoment, über die Gaspedalstellung, über die Fahrzeuggeschwindigkeit und über den Ladezustand der Fahrzeugbatterien oder zumindest einige dieser Informationen erhält, wobei der Regler diese Informationen zur Steuerung der Bremsanlage, insbesondere der hydraulischen Reibungsbremsen, auswertet.

Nach einer anderen Ausführungsart variiert der elektronische Regler der erfindungsgemäßen Bremsanlage die Bremskraftverteilung in Abhängigkeit von der Beladung des Fahrzeugs und/oder der dynamischen Achslastverteilung oder von der Fahrsituation, z. B. von einer Notbremssituation.

Eine weitere wichtige Ausführungsart der Erfindung besteht darin, daß die hydraulischen Bremskreise durch Einfügen von Hydraulikventilen, die in Abhängigkeit von dem Drehverhalten der einzelnen Räder steuerbar sind und/oder durch Modulation des Bremsdruckes bzw. der Bremskraft in an sich bekannter Weise zu einem Blockierschutz- und/oder Antriebsschlupf-Regelungssystem erweitert sind. Für die Dauer der Regelung wird zweckmäßigerweise das elektro-regenerative Bremsensystem abgeschaltet.

Die erfindungsgemäße Bremsanlage besitzt nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung einen auf die angetriebenen Räder wirkenden hydraulischen Bremskreis mit einem Bremsdruckgeber, auf den über eine mechanische Summierstufe die Pedalkraft und eine mit Hilfe eines elektrischen Aktuators erzeugte Stellkraft einwirkt. Zur Begrenzung der Pedalkraft kann im Falle einer Blockierschutzregelung ein elektrisch betätigter Pedalwegbegrenzer vorgesehen sein. Bremsanlagen mit derartigen mechanischen Summierstufen und Aktuatoren sind aus der DE 38 06 786 A1 bekannt. Auf solche Weise lassen sich mit relativ geringem Aufwand geregelte Bremsanlagen herstellen.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung anhand der beigefügten Abbildungen von Ausführungsbeispielen hervor.

Es zeigen

Fig. 1 in schematischer, vereinfachter Darstellungsweise die wichtigsten Komponenten einer Bremsanlage nach der Erfindung.

Fig. 2 in gleicher Darstellungsweise eine weitere Ausführungsart der Erfindung.

Fig. 3 in gleicher Darstellungsweise eine Bremsanlage mit Blockierschutzregelung.

Fig. 4 in gleicher Darstellungsweise ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Bremsanlage mit Blockierschutzregelung.

Fig. 5 in Prinzipdarstellung die konstruktive Ausbildung einer Summierstufe der Bremsanlage nach Fig. 4

und

Fig. 6 das Ablaufdiagramm eines Bremsvorganges mit Hilfe der Bremsanlage nach Fig. 1.

Die Bremsanlage nach Fig. 1 ist für ein Fahrzeug mit Vorderradantrieb vorgesehen. Die erfindungsgemäße Bremsanlage hat in dieser Ausführungsart der Erfindung drei voneinander unabhängige Bremskreise I, II und III. Der auf die nicht angetriebenen Räder, nämlich die Hinterräder (Hinterachse HA) wirkende Bremskreis enthält einen von einem Bremspedal 1 betätigten Hauptzylinder 2, an den unmittelbar die Radbremsen 3 und 4 der Hinterachse HA angeschlossen sind. Es handelt sich also bei diesem Bremskreis I um eine herkömmliche, hydraulisch betätigte Reibungsbremse.

Mit Hilfe des Bremspedals 1 werden jedoch auch die beiden anderen Bremskreise II und III, die zusammen mit dem Bremskreis I ein Verbundsystem bilden, betätigt. Hierzu ist das Bremspedal 1 mit einem Pedalstellungsgeber 5 ausgerüstet, der von dem Pedalweg oder der Pedalstellung abhängige elektrische Signale über eine Signalleitung 6 einem elektronischen Regler 7 zuführt. An diesen Regler 7 sind die beiden Bremskreise II, III angeschlossen, die beide auf die Räder der Vorderachse VA wirken.

Der Bremskreis III enthält einen elektrisch steuerbaren Aktuator 8 und einen Hauptzylinder 9, an den wiederum ähnlich wie im Bremskreis I hydraulisch betätigbare Radbremsen 10, 11, nämlich Scheibenbremsen oder Trommelbremsen, angeschlossen sind. Der Aktuator 8 könnte beispielsweise als Elektromotor mit einem Spindeltrieb ausgebildet sein, damit in herkömmlicher Weise in Abhängigkeit von den Ansteuersignalen eine direkt oder über eine Druckmittelverbindung auf den Kolben im Hauptzylinder 9 übertragbare Kraft zur axialen Verschiebung des Kolbens entsteht.

Der dritte Bremskreis, nämlich der Bremskreis II ist im Gegensatz zu den Bremskreisen I, III als Bestandteil eines elektro-regenerativen Bremssystems ausgebildet. Über diesen Zweig bzw. diesen Bremskreis soll bei jedem Bremsvorgang Energie zurückgewonnen werden. Dieser Bremskreis II wird im wesentlichen durch den Kraftfahrzeugantriebsmotor 12 mit der zugehörigen Ansteuerlektronik 13 gebildet, die wiederum von dem elektronischen Regler 7 in Abhängigkeit von verschiedenen Informationen und in Abstimmung mit den beiden anderen Bremskreisen I, III aktiviert wird.

Der Regler 7 steuert den Beitrag der Bremskreise II und III in Abhängigkeit von zahlreichen Informationen. Neben den die Stellung des Bremspedals 1 wiedergebenden, über den Geber 5 und die Leitung 6 zugeführten elektrischen Signalen werden dem elektronischen Regler 7 über einen Schaltkreis 14 die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_f$ , über einen Schaltkreis 15 das Zuladevermögen der Batterie und über einen Gaspedalstellungsgeber 16 die benötigten Informationen zugeführt. Aus diesen Eingangsdaten, die je nach Ausführungsart der Bremsanlage noch durch weitere Meßwerte oder Daten ergänzt werden, errechnet der elektronische Regler 7 die Steuerdaten für die Ansteuerlektronik 13 des Fahrzeug-Antriebsmotors 12, der zur Rückgewinnung von Energie als Generator geschaltet wird, und den Beitrag, den die Reibungsbremsen 10, 11 zur Erzielung einer ausreichenden Abbremsung aufbringen müssen.

Die dargestellte Schaltung der erfindungsgemäßen Bremsanlage macht es möglich, die Bremswirkung des elektrischen Antriebsmotors 12 zur Nachbildung der von herkömmlichen Automobilen gewohnten Schlepp-

momentwirkung auszunutzen. Wenn der Fahrer das Gaspedal 17 zurücknimmt, entsteht durch das Schleppmoment eine gewisse Fahrzeugverzögerung. Zu diesem Zweck ist das Gaspedal 17 mit dem Stellungsgeber 16 ausgerüstet, dessen Signale ebenfalls im elektronischen Regler 7 ausgewertet werden. Aus Gaspedalstellung und Rücknahmerate kann der Regler 7, in Verbindung mit den Informationen über die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_f$  und über das Zuladevermögen der Batterie (Schaltkreis 15), die notwendigen Steuerdaten für die Steuerung des Antriebsmotors 12 errechnen, um eine sanfte Schleppmomentwirkung zu simulieren.

Der hydraulische, von dem Bremspedal 1 direkt angesteuerte Bremskreis I wird zweckmäßigerweise so ausgelegt, daß der gesamte Bremspedalweg, der üblicherweise zur Betätigung einer hydraulischen Zweikreisbremsanlage mit Tandemhauptzylinder vorgesehen ist, hier bei gleicher oder geringfügig gesteigerter Pedalübersetzung nun allein dem Hinterachs-Bremskreis I zur Verfügung gestellt wird. Der Zweck dieser Maßnahme besteht darin, die geforderte Hilfsbremsfunktion mit zulässig geringen Fußkräften zu erreichen. Außerdem wird das gewohnte Pedalgefühl beibehalten.

Der maximal mit Hilfe des Bremskreises II erreichbare Bremskraftanteil hängt u. a. von der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_f$  ab. Der Bremskraftanteil des Elektromotors 12 nimmt mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit überproportional zu. Diese Bremse hat folglich die Tendenz, sich selbsttätig zu verstärken. Da über den elektro-regenerativen Bremskreis II nur ein begrenzter Teil des Bedarfs an Vorderachs-Bremswirkung gedeckt werden kann, was insbesondere bei höheren Fahrzeuggeschwindigkeiten gilt, ist der zweite Bremskreis II erforderlich. Ferner ist zu beachten, daß der Bremsbeitrag des Bremskreises II auch von dem Ladezustand der Batterie abhängig ist. Es geht das Zuladevermögen der Batterie, das mit dem Schaltkreis 15 erfaßt wird, in die Regelung ein. Da sich mit dem Bremsvorgang die Fahrzeuggeschwindigkeit verringert, wird erfindungsgemäß die Bremskraftverteilung durch den Regler permanent geändert und den Gegebenheiten angepaßt.

In Fig. 1 sind gestrichelt einige weitere Signalleitungen 18–21 dargestellt, über die dem elektronischen Regler 7 Informationen über das Bremsmoment an der Hinterachse (Signalleitung 18), das Bremsmoment an der Vorderachse (Signalleitung 20) und über den Druck im Hauptzylinder 2 (Signalleitung 19) sowie im Hauptzylinder 9 (Signalleitung 21) zugeleitet werden. Diese Informationen können zusätzlich oder anstelle der mit Hilfe des Bremspedalstellungsgebers 5 gewonnenen Informationen zur Erzeugung der Ausgangssignale des Reglers 7 ausgewertet werden. Die Signalleitungen 19 und 21 sind an entsprechende Drucksensoren 24, 25 angeschlossen, während die Signalleitungen 18 und 20 die Ausgangssignale von Bremsmoment-Sensoren 22, 23 zu dem Regler 7 leiten.

Die Bremsanlage nach Fig. 2 unterscheidet sich von der Anlage nach Fig. 1 vor allem durch die Ausbildung des zweiten, ebenfalls auf die angetriebenen Räder, hier die Räder der Vorderachse VA, wirkenden Bremskreises III'. Während im Beispiel nach Fig. 1 der Bremsdruck mit Hilfe eines Aktuators 8 erzeugt wurde, wird im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 eine Hilfsdruckquelle 26 verwendet, die im wesentlichen aus einer elektromotorisch angetriebenen Hydraulikpumpe 27 und einem Hydraulikspeicher 28 besteht. Die Saugseite der Pumpe mündet in einen Druckausgleichsbehälter 29, in den auch in der Druckabbauphase Druckmittel zurück-

geführt wird. Zur Regelung des Druckes in den Radbremsen 10, 11 an den Rädern der Vorderachse VA ist ein Druckmodulator 30 vorhanden, der hier im wesentlichen aus zwei elektrisch umschaltbaren Hydraulikventilen, nämlich 2/2-Wegeventilen 31 und 32, besteht. Über diese Ventile kann entweder eine Verbindung von der Hilfsdruckquelle 26 zu den Radbremsen 10, 11 der Vorderräder oder von diesen Radbremsen zu dem Druckausgleichsbehälter 29 hergestellt werden. Durch Bemessung der Einschaltzeiten der Ventile kann der Druck auf das gewünschte Druckniveau angehoben und wieder abgesenkt werden. Angesteuert werden die Ventile 31, 32 des Druckmodulators 30 von dem elektronischen Regler 7', dem hierzu, wie im Beispiel nach Fig. 1, die benötigten Informationen mit Hilfe eines (nicht gezeigten) Bremspedalstellungsgebers oder mit Hilfe der Bremsdrucksensoren 24, 25 zugeführt werden. Außerdem erhält der Regler 7' Informationen über die Stellung des Gaspedals 17, über die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{FZ}$  und über das Zuladevermögen der Batterie (Schaltkreis 15). Das elektro-regenerative Bremssystem des Verbundsystems ist wiederum in Form des Bremskreises II ausgebildet.

Fig. 3 bezieht sich auf eine Erweiterung der erfindungsgemäßen Bremsanlage zu einem Verbund-Bremsensystem mit Blockierschutz- und/oder Antriebschlupfregelung. Um dies zu ermöglichen, werden dem elektronischen Regler 7'' zusätzlich Informationen über das Drehverhalten der einzelnen Fahrzeigräder zugeführt. Die entsprechenden Radsensoren sind durch einen Schaltkreis 33 symbolisiert, der radindividuelle Sensoren mit jeweils einer zu dem Regler 7'' führenden Signalleitung umfaßt.

Außerdem ist in dem hydraulischen Bremskreis I', der zu den nicht angetriebenen Rädern, den Hinterrädern 10, 11 führt, ein in der Ruhestellung offenes, elektrisch auf Sperren umschaltbares Hydraulikventil 34 eingefügt. Während eines Regelungsvorganges wird der Hauptzylinder 2 des Bremskreises I' durch dieses Ventil 34 abgetrennt und statt dessen über ein weiteres Hydraulikventil 35, das in der Ruhestellung gesperrt ist, ein weiterer Hauptzylinder 36 an die Radbremsen der Räder 10, 11 angeschlossen. Der Druck in diesem zusätzlichen Hauptzylinder 36 wird mit Hilfe eines elektrisch steuerbaren Aktuators 37, der ebenfalls durch den elektronischen Regler 7'' gesteuert wird, erzeugt und moduliert. Dem Ventil 34 liegt ein Rückschlagventil 34', das sich zum Hauptzylinder 2 hin öffnet, parallel. Dieses Rückschlagventil 2' stellt den Druckabbau beim Lösen der Bremse sicher.

Der elektro-regenerative Bremskreis II' wird im Falle einer Blockierschutz- und/oder Antriebschlupfregelung mit Hilfe eines Sperr-Schaltkreises 54 außer Funktion gesetzt. Das Ausgangssignal dieses Sperr-Schaltkreises 54 steuert hierzu den Antriebsmotor-Ansteuerkreis 13'' an.

In dem dritten Bremskreis III'', der ebenfalls auf die angetriebenen Räder, nämlich die Radbremsen 10, 11 der Vorderräder einwirkt, sind ebenfalls, wie im Beispiel nach Fig. 1, ein elektrischer Aktuator 8'' und ein Hauptzylinder 9'' eingefügt. In dem Druckmittelweg von dem Hauptzylinder 9'' zu den Reibungsbremsen 10, 11 an den Vorderrädern befinden sich weitere elektrisch steuerbare Hydraulikventile 37, 38, mit denen der Bremsdruck in den Radbremsen der Vorderräder in bekannter Weise geregelt werden kann. Angesteuert werden die Hydraulikventile 37, 38 in dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 über einen Multiplex-Schaltkreis 40, zu dem

eine Signal-Ausgangsleitung 39 des elektronischen Reglers 7'' führt.

Mit einer solchen Ventilanordnung und Multiplex-Ansteuerung oder mit anderen bekannten Ventilanordnungen läßt sich in den angeschlossenen Radbremsen der Bremsdruck sehr genau auf den für eine Blockierschutzregelung oder Antriebschlupfregelung günstigen Wert bzw. Druckverlauf einstellen.

Die Ausführungsart der erfindungsgemäßen Bremsanlage nach Fig. 4 unterscheidet sich von dem soeben beschriebenen Ausführungsbeispiel durch eine sogenannte mechanische Summierstufe als Bestandteil des Bremskreises I''. Diese Summierstufe 41 dient zusammen mit einem elektrischen Aktuator 42 und einem Pedalwegbegrenzer 43 zur Blockierschutz- und Antriebschlupfregelung. Die Summierstufe 41 ist dem Hauptzylinder 2 vorgeschaltet, der den gewünschten Bremsdruck in den angeschlossenen Reibungsbremsen 3, 4 an den nicht angetriebenen Rädern der Hinterachse HA hervorruft. Die beiden anderen Bremskreise II', III'' der Bremsanlage nach Anspruch 4 stimmen mit den entsprechenden Bremskreisen nach Fig. 3 überein.

Ein konstruktives Beispiel für die Summierstufe, den Aktuator und den Pedalwegbegrenzer nach Fig. 4 zeigt Fig. 5. Mit dem Bremspedal 1 wird hier über ein Zugseil 44 und eine ortsfeste Umlenkrolle 45 eine Betätigungskraft auf eine Druckstange 46 des Hauptzylinders 2 ausgeübt. Das Zugseil 44 reicht bis zu einer Wickelrolle 47, die durch einen elektrisch angetriebenen und steuerbaren Wickelmotor 48 verdreht werden kann. Das Zugseil 44 durchläuft außerdem eine elektrisch steuerbare bzw. anlegbare Seilklemme 49, die die Funktion des Pedalwegbegrenzers 43 nach Fig. 4 ausübt. Die Seilklemme 49 verhindert, sobald sie das Zugseil 45 eingeklemmt hat, eine weitere Erhöhung der durch das Pedal 1 auf den Hauptzylinder 2 ausübenden Kraft. Ein U-förmiger Anschlag für die Seilklemme 49 ist in Fig. 5 durch Schraffur gekennzeichnet. Der Wickelmotor 47 übernimmt dann allein die Bewegung der Druckstange 46 des Hauptzylinders und führt die Druckmodulation durch.

Mit der Achse des Motors 48 ist ein Potentiometer 50 gekoppelt, das in Verbindung mit einem Pedalweggeber 51, vergleichbar mit dem Pedalweggeber 5 in Fig. 4, die benötigten Informationen zur Regelung des Wickelvorganges und damit des Bremsdruckes liefert.

Die Steuersignale werden mit Hilfe eines Schaltkreises 52 erzeugt, der die von dem Potentiometer 50 und dem Pedalweggeber 51 gelieferten Signale auswertet, mit den Signalen der symbolisch dargestellten Radsensoren 53 verknüpft und die Stellsignale für den Wickelmotor 48 und die Seilklemme 49 erzeugt.

Zur Veranschaulichung der Vorgänge bei Betätigung der erfindungsgemäßen Bremsanlage bzw. des Verbundsystems dient das Ablaufdiagramm nach Fig. 6. Zunächst werden die Vorgänge bei Betätigung des Bremspedals, symbolisiert durch das Verzweigungssymbol 60, verfolgt. Das Bremspedal hat natürlich Vorrang vor dem Gaspedal. Durch Betätigung des Bremspedals 1 (in Fig. 1-5) wird unmittelbar hydraulisch ein Bremsmoment an den Rädern der Hinterachse HA erzeugt und gleichzeitig ein Maß für den Sollwert der Verzögerung (61) gewonnen. Die hierzu verwendeten Sollwertgeber (61a) können ein Pedalstellungsgeber 5, Bremsdruckgeber 24 im Hinterachskreis oder Momentengeber 22 an der Hinterachse sein. Diesem Sollwert  $B_H$ , der gleichzeitig ein Maß für den Bremskraftanteil der Hinterachse darstellt, wird über ein gespeichertes Kennfeld (62) ein

von den jeweiligen Bedingungen abhängiger Bremskraftanteil  $B_v$  für die Vorderachse zugeordnet. Hierbei wird zweckmäßigerweise die Auswahl des gültigen Kennfeldes durch eine Verknüpfung äußerer Parameter, z. B. Beladung, Schwerpunktslage, Fahrsituation usw. (63) gesteuert. Anstelle der hier beschriebenen Arbeitsweisen mit Kennfeldern können natürlich auch andere Algorithmen Verwendung finden.

Mit Hilfe von Kennwerten über die augenblickliche Fahrgeschwindigkeit ( $k_v$ ) und das momentane Aufnahmevermögen der Batterie bzw. Batterie-Zuladevermögen  $k_Q$  (symbolisiert durch das Kennfeld 64) wird in der Stufe 65 über ein gespeichertes Kennfeld der maximal nutzbare Bremskraftanteil  $B_{E_{\max}}$  des Antriebsmotors 12 ermittelt und abgefragt, ob der geforderte Wert an Vorderachs-Bremskraft  $B_v$  den lieferbaren Wert  $B_{E_{\max}}$  übersteigt (66). Wird in der Verzweigung 67 festgestellt, daß der geforderte Wert  $B_v$  kleiner ist als der lieferbare Anteil  $B_{E_{\max}}$  oder höchstens gleich groß ist, dann wirkt allein die Bremskraft des Antriebsmotors 12 auf die Räder der Vorderachse VA. Aus diesem Wert  $B_v$  im Bereich  $0 \dots B_{E_{\max}}$  wird dann in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ein Steuerparametersatz  $k_e$  für den Antriebsmotor 12 gebildet oder aus einer Tabelle herausgesucht, und es wird die elektro-regenerative Bremsung der Räder an der Vorderachse VA eingeleitet. Übersteigt der geforderte Bremskraftanteil  $B_v$  den momentan lieferbaren Anteil  $B_{E_{\max}}$ , dann wird zusätzlich in der Stufe 68 mit der Differenz  $B_{vh} = B_v - B_{E_{\max}}$  in einem weiteren Kennfeld ein Steuerparameter  $k_p$  aufgesucht, der den elektrischen Aktuator (8 in Fig. 1) des hydraulischen Vorderachskreises (III) als Sollwert dient, um das restliche Bremsmoment an den Vorderrädern zuzusteuern.

Die beschriebenen Vorgänge werden zyklisch wiederholt und laufen so schnell ab, daß der Bremskraftaufbau an der Vorderachse den Bremskraftaufbau an der Hinterachse ohne spürbare Verzögerung folgt.

Für den Zeitraum eines Antiblockier- oder Antriebs-schlupfregelungsvorganges, wie dies anhand der Ausführungen nach Fig. 3, 4 und 5 beschrieben wurde, wird das elektro-regenerative Bremssystem II' mit Hilfe des Sperrs Schaltkreises 54, der auf die Motor-Ansteuer-elektronik 13' einwirkt, außer Funktion gesetzt.

Zur Nachbildung des Schleppmomentes wird die Gaspedalbewegung, wie dies die Symbole 70, 71, 72, 73 wiedergeben, immer dann überwacht, wenn das Bremspedal 1 nicht betätigt ist. Wenn sich das Gaspedal 17 zurückbewegt, wird aus der Rücknahmerate ein Parameter  $k_s$  (72) abgeleitet, dann aus einem Schleppmoment-Kennfeld ein Steuerparametersatz  $k_e$  (73) für den Antriebsmotor 12 aufgesucht und die elektro-regenerative Bremse (II, II') aktiviert (74). Der weitere Steuerablauf entspricht dem zuvor beschriebenen. Es ist möglich, den Anteil der Schleppmoment-Wirkung mit dem der Bremspedalwirkung so zu verrechnen, daß sich beide Wirkungen ergänzen und ineinander übergehen.

#### Patentansprüche

1. Bremsanlage für Kraftfahrzeuge mit elektrischem Antrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß diese in Form eines mehrkreisigen, aus hydraulischen Reibungsbremsen (3, 4, 10, 11) und aus einem elektro-regenerativen Bremssystem (II, II') bestehenden Verbundsystems ausgebildet ist.
2. Bremsanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektro-regenerative Bremssystem

(II, II') den oder mindestens einen der elektrischen Antriebsmotore (12) des Kraftfahrzeuges zur Abbremsung und zur Energierückgewinnung nutzt.

3. Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß diese für ein Fahrzeug mit einer angetriebenen und einer nicht angetriebenen Achse vorgesehen ist und drei Bremskreise (I, I', I'', II, II', II'', III, III', III'') aufweist, von denen ein Bremskreis (I, I', I'') einen pedalbetätigten hydraulischen Bremsdruckgeber (2) und hydraulisch betätigte, auf die nicht angetriebenen Räder wirkende Reibungsbremsen (3, 4) umfaßt, ein zweiter Bremskreis (II, II') als ein direkt oder indirekt mit dem Bremspedal (1) gekoppeltes, auf die angetriebenen Räder wirkendes elektro-regeneratives Bremssystem ausgebildet ist und ein dritter Bremskreis (III, III', III'') ebenfalls auf die angetriebenen Räder wirkende, mit dem Bremspedal (1) gekoppelte Reibungsbremsen (10, 11) umfaßt, sowie daß die Betätigung der an den zweiten und der an den dritten Bremskreis angeschlossenen Radbremsen und die Bremskraftverteilung auf die Vorder- und Hinterachse (VA, HA) mit Hilfe eines elektronischen Reglers (7, 7', 7'') steuerbar sind.

4. Bremsanlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zusätzlich zu dem elektro-regenerativen Bremssystem (II, II') auf die angetriebenen Räder wirkenden Reibungsbremsen (10, 11) mit einem elektro-hydraulischen (8, 9) oder elektro-mechanischen Betätigungsmechanismus bzw. Antrieb ausgerüstet sind.

5. Bremsanlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zusätzlich zu dem elektro-regenerativen Bremssystem (II, II') auf die angetriebenen Räder wirkenden Reibungsbremsen (10, 11) hydraulisch betätigbar sind und über elektrisch umschaltbare Hydraulikventile (31, 32) an eine Hilfsdruckquelle (26, 27, 28) und an einen Druckausgleichsbehälter (29) anschaltbar sind.

6. Bremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 3–5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektronische Regler (7, 7', 7'') Informationen über die Bremspedalstellung (5, 6) und/oder über den durch die Pedalbetätigung hervorgerufenen Bremsdruck (19, 24) oder das Bremsmoment (18, 22; 19, 25), über die Gaspedalstellung (16), über die Fahrzeuggeschwindigkeit ( $v_{fz}$ , 14) und über den Ladezustand (15) der Fahrzeugbatterien oder zumindest einige dieser Informationen erhält und daß der Regler (7, 7', 7'') diese Informationen zur Steuerung der auf die nicht angetriebenen Räder wirkenden Bremsen auswertet.

7. Bremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der elektronische Regler (7, 7', 7'') die Bremskraftverteilung in Abhängigkeit von der Beladung des Fahrzeugs und/oder der dynamischen Achslastverteilung und/oder von der Fahrsituation, z. B. Notbrems-situation, variiert.

8. Bremsanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die hydraulischen Bremskreise (I', III'') durch Einfügung von Hydraulikventilen (34, 35, 37, 38), die in Abhängigkeit von dem Drehverhalten der einzelnen Räder steuerbar sind und/oder durch Modulation der Bremskraft in an sich bekannter Weise zu einem Blockierschutz- und/oder Antriebsschlupf-Regelungssystem erweitert sind.

9. Bremsanlage nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß für die Dauer einer Blockierschutz- und/oder Antriebsschlupfregelung das elektro-regenerative Bremsensystem (11') abschaltbar ist.

10. Bremsanlage nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß diese einen auf die nicht angetriebenen Räder wirkenden hydraulischen Bremskreis (1'') mit einem Bremsdruckgeber (2) aufweist, auf den über eine mechanische Summierstufe (41) die Pedalkraft und eine mit Hilfe eines elektrischen Aktuators (42) erzeugte Stellkraft einwirkt.

11. Bremsanlage nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Begrenzung der Pedalkraft im Falle einer Blockierschutzregelung ein elektrisch betätigter Pedalwegbegrenzer (43) bzw. Aktuator vorgesehen ist.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



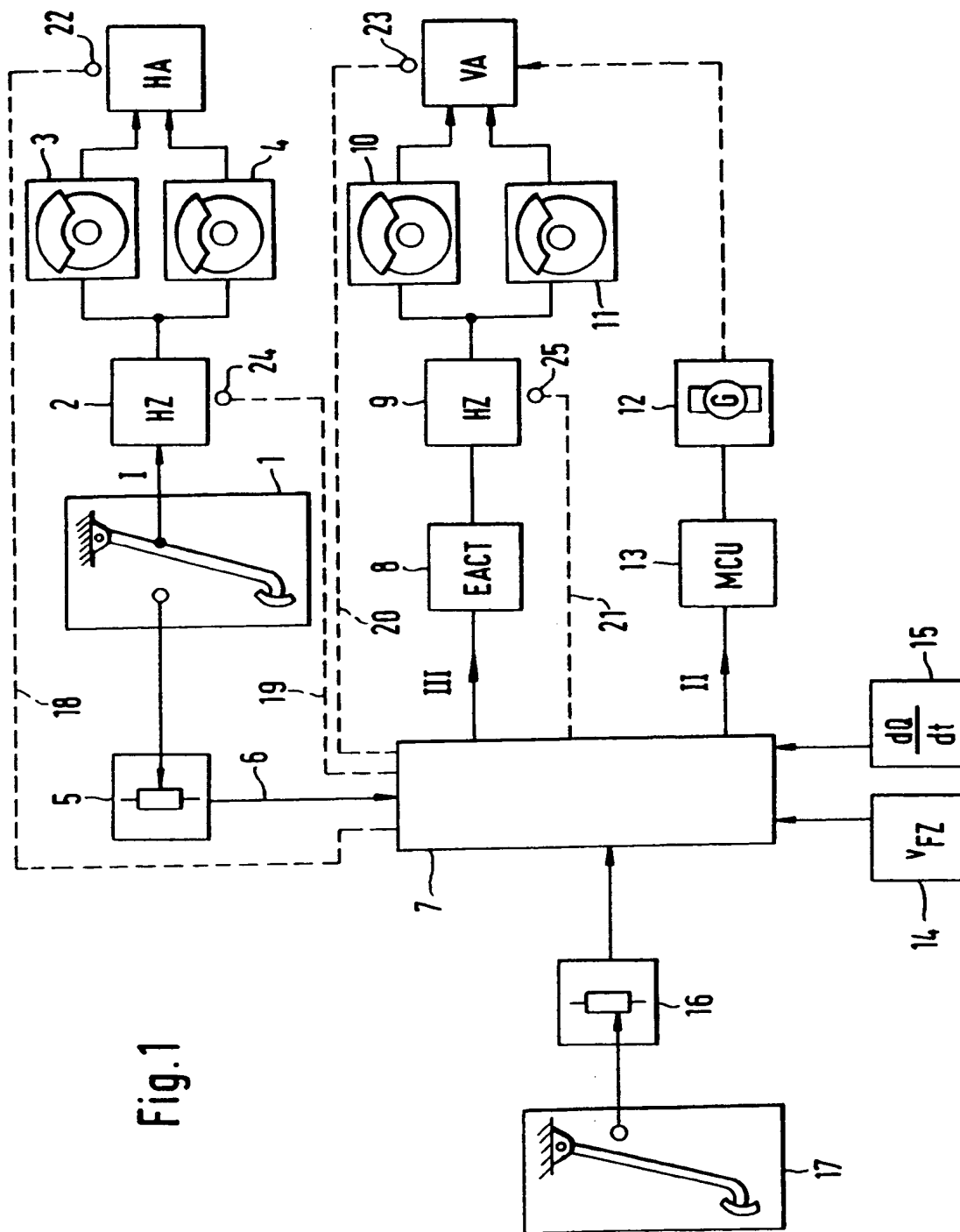


Fig. 1

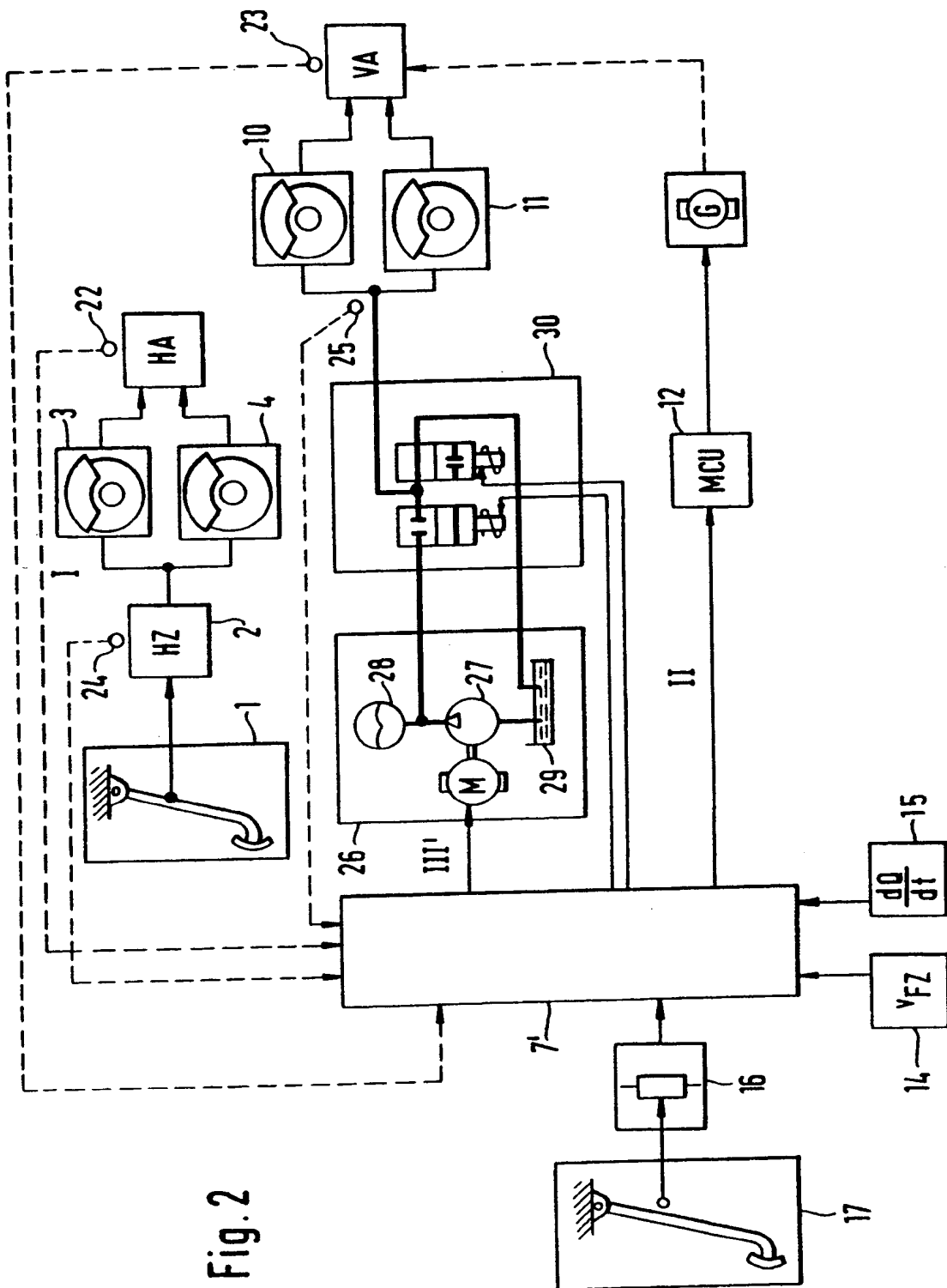


Fig. 2

**Fig. 3**

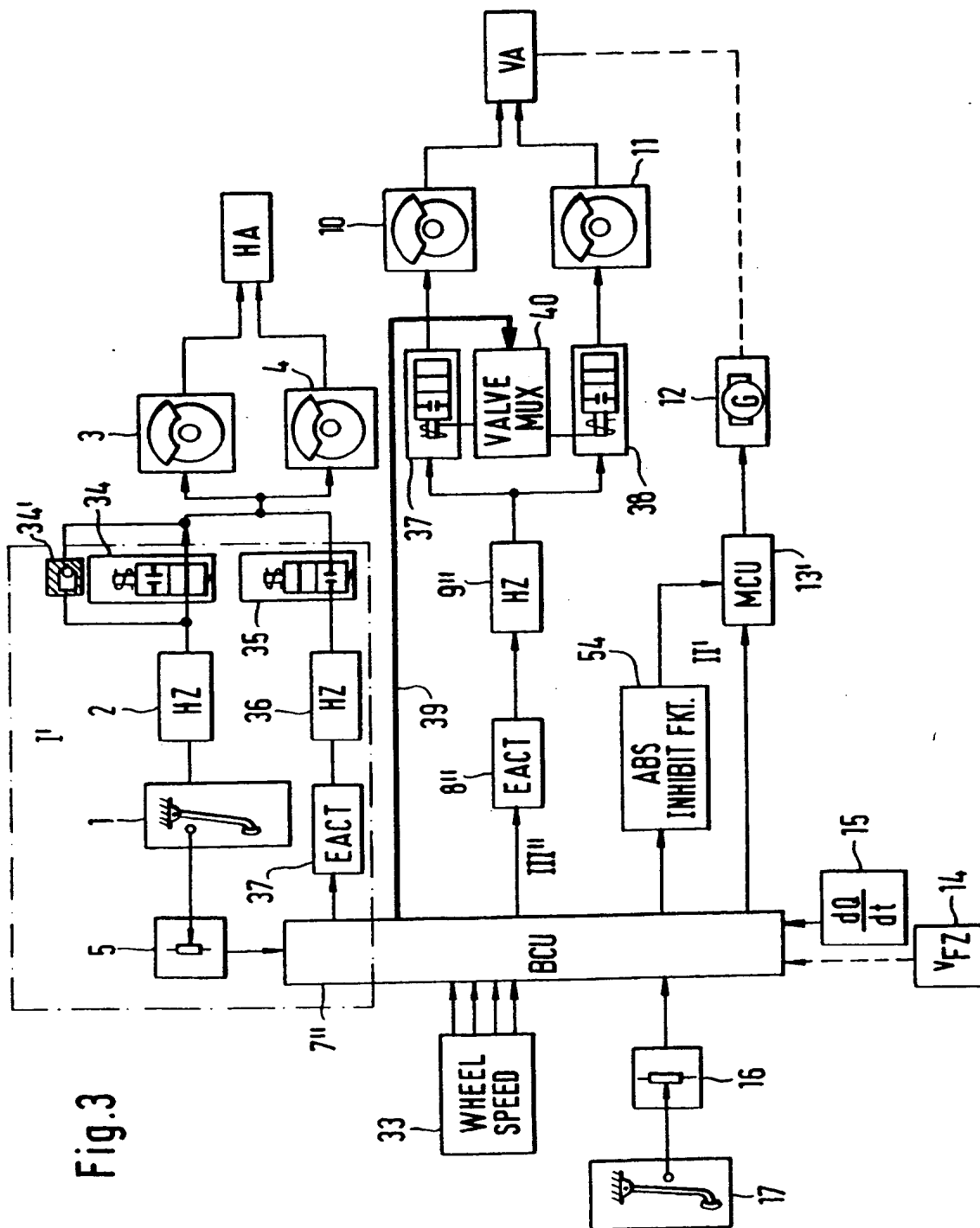




Fig. 5

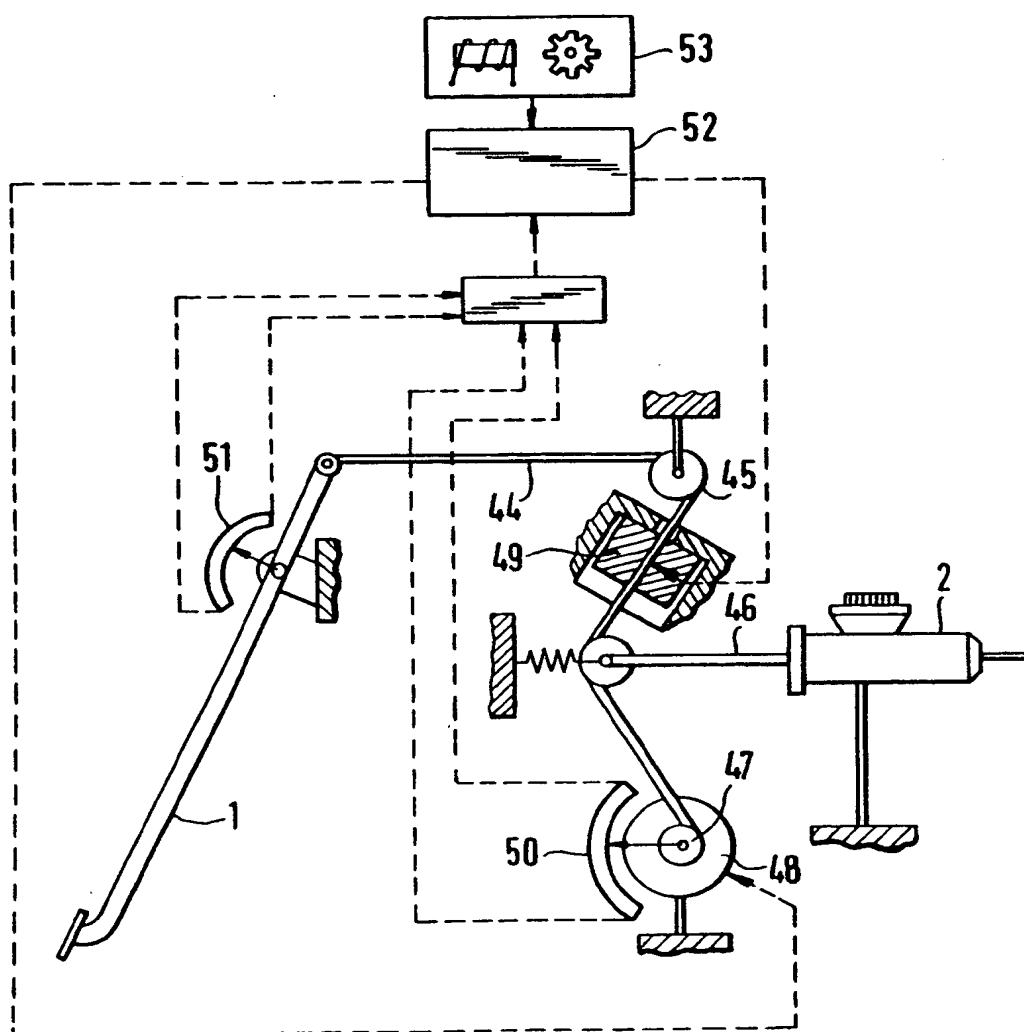


Fig. 6

